Docteur AMANS

BARTHEZ

MECANICIEN

MONTPELLIER
Imprimerie Roumégous et Déhan

1922

À M. ...
Remerciements – Félicitations
Cordial Hommage
Dr Amans
Mars 1923

BARTHEZ

MÉCANICIEN

A la fin du XVIIIe siècle, Barthez jouissait d'une réputation universelle par son enseignement et ses écrits médicaux. Ses théories médicales ont fait l'objet de nombreuses analyses et dissertations, mais ses idées en mécanique animale ont été plus ou moins passées sous silence. C'est que Barthez était lu surtout par des médecins, et ceux-ci avaient de la peine à le suivre, lorsqu'il discutait avec les mathématiciens de l'époque. Ces derniers, de leur côté, le trouvaient trop naturaliste pour engager une controverse ; je parle de ceux qui le connaissaient, car, à cette époque, comme de nos jours, on s'ignorait généralement d'une branche à l'autre de la science, et il y avait beaucoup de compartiments étanches.

La *nouvelle méchanique des mouvements de l'homme et des animaux*, chez Porel, Carcassonne, 1798, est une œuvre de retraite, mais les éléments sont le fruit d'une vingtaine d'années de travail. « J'avais lu, dit Barthez, dans l'éloge de Chirac, par Fontenelle, que Chirac légua par son testament à l'Université de Montpellier, une somme qui serait employée à fonder deux chaires pour deux professeurs, dont l'un ferait des leçons d'anatomie comparée, l'autre expliquerait le traité de Borelli *De Motu Animalium*. La fondation de ces deux chaires n'avait pas eu lieu, mais je me regardais comme étant particulièrement appelé à remplir le vœu de Chirac, pendant que je donnais des leçons publiques d'anatomie, qui était une des fonctions de ma charge de Chancelier ou Chef perpétuel de l'Université de Montpellier, aujourd'hui détruite. »

Barthez dans sa préface fait quelques réflexions mélancoliques sur l'amour de la gloire, son utilité et inconvénients ; il déplore que la

gloire et la célébrité s'attachent moins aux sciences utiles qu'aux arts de la parole. Les prétentions dans ces arts sont très multipliées, quoique l'extrême médiocrité y devienne presque universelle. De semblables considérations vous dégoûtent de la gloire, mais on aime quand même de perpétuer dans l'avenir son nom et son existence.

Ce dévouement à l'opinion de la postérité est un de ces sentiments romanesques que la Nature fait naître pour des fins qui nous sont inconnues dans les hommes qui vivent en société... Ce qui n'est point un songe, c'est la satisfaction intérieure qu'éprouve un homme qui a constamment en vue, dans l'emploi de ses talents, de concourir à augmenter la masse des lumières, ou à diminuer la somme des maux du genre humain.

Barthez place avec raison cette satisfaction intime au-dessus des vains désirs de cette longue durée de réputation que les hommes appellent immortalité.

L'ouvrage de Barthez est divisé en 6 sections : Station de l'homme et des animaux ; Mouvements progressifs de l'homme ; Mouvements progressifs des quadrupèdes ; du Ramper ; du Nager ; du Vol des oiseaux.

J'ai parcouru assez rapidement les quatre premières sections, n'en ayant pas fait comme Barthez une étude spéciale. Je m'étonne cependant qu'un esprit aussi judicieux ait cru que l'homme soit destiné à se traîner à 4 pattes, si cette habitude n'est corrigée par l'éducation. Il cite bien une femme sauvage trouvée dans les bois à Châlon-sur-Marne en 1731, qui marchait debout, mais elle aurait fait ses premiers pas debout, avant d'être abandonnée. Cette opinion est d'autant plus étrange, qu'il donne d'excellentes raisons anatomiques, montrant qu'il n'est pas d'animal pour qui la station debout demande moins d'efforts.

Barthez critique l'usage des talons hauts chez les femmes : excès de saillie des vertèbres lombaires, rétrécissement du bassin et accouchements laborieux.

Teule (1) critique Barthez quand celui-ci attribue aux extenseurs du talon le pouvoir de compenser par des contractions fortes le désavantage d'une base d'appui étroite, ainsi que font les pugilistes. C'est simplement, dit Teule, pour augmenter la taille ; est-ce

---

(1) Etude des mouvements de l'Homme, par Teule, docteur des Facultés de Médecine et des Sciences de Montpellier, 1831, chez Gabon, libraire, Paris.

donc simplement pour intimider l'adversaire ? Nous pensons que Barthez a raison, s'il veut dire que la contraction brusque des extenseurs projette le centre de gravité plus haut, retarde la chute.

Pourquoi la face plantaire du pied a-t-elle une forme voûtée ? C'est une forme congénitale ; bien que chez les portefaix cette voûte tende à disparaître, on sait que les pieds plats sont impropres à la marche.

On peut généraliser cette conclusion et l'étendre à tous les organes destinés à la sustentation et la propulsion combinées. Le pied de l'homme n'est pas primitivement destiné à porter des souliers, et l'aplatissement fonctionnel des portefaix n'a jamais été transmis par hérédité. La forme voûtée est caractéristique du pied, des nageoires paires et des ailes.

Barthez ne croit pas que le saut puisse être produit, sans qu'au moins il y ait deux articulations successives, avec flexions alternativement en sens contraire des tiges correspondantes.

Cette opinion a été jugée trop absolue ; on peut, à la rigueur, concevoir et réaliser un jouet sauteur avec une articulation unique, mais, chez tous les sauteurs, les membres du saut sont polyarticulés. Nous reverrons plus loin l'idée directrice de Barthez à propos du nager.

Citons pour mémoire certaines questions : Quand et pourquoi les animaux serrent-ils la queue entre les jambes ? Quelle est l'utilité des haltères pour le saut? Pourquoi les rats de Norvège vont toujours en ligne droite ? Comment rampe la limace domestique ?

Cette reptation ne peut se concevoir, dit Barthez, qu'autant qu'on admet que le principe vital de la Limace a la faculté de se donner dans tel ou tel lieu du tissu musculaire *une force de situation fixe* de ce tissu, force qui y produit et des points fixes et des fibres diversement dirigées. Dans le cas des Mollusques, il s'agit de tissus érectiles à forme et volume variables ; les phénomènes sont plus complexes que ne le comporte l'hypothèse de Barthez, mais cette hypothèse est séduisante pour expliquer certains mouvements.

J'ai lu plus attentivement ce qui a trait au nager et au vol, ayant moi-même étudié les organes de la locomotion aquatique et aérienne.

Du nager des Poissons

Barthez approuve l'opinion de Borelli que l'organe principal de la propulsion est la queue, mais nullement sa comparaison à une godille. Une queue rigide battant à droite et à gauche ne saurait

produire que des mouvements angulaires. La queue de poisson et l'aile de l'oiseau ne sont pas comparables à une rame ordinaire ; c'est si l'on veut une rame, mais brisée en plusieurs parties, articulées en sens alternatif, dont l'extension produit la progression en s'arc-boutant sur le fluide.

Barthez a du mérite de s'élever contre l'assimilation à une rame, car, même après lui, on la retrouve longtemps exposée par beaucoup d'écrivains. Mes expériences de Têtard artificiel en 1888, prouvent la justesse de son opinion ; en le munissant d'une queue rigide, mue par un mouvement d'horlogerie, on a des mouvements désordonnés à droite et à gauche, tandis qu'avec une queue souple, j'ai une progression presque rectiligne, avec déformations sinusoïdales de la queue.

Il attaque comme vicieuses toutes les théories sur la Mécanique des rames, même celles de Lorgna et Don Juan. Le centre de rotation instantanée n'est pas constant, ainsi que le dit Lorgna, mais variable, car la pale étant plus ou moins plongée, la résistance est variable, et, en outre, la puissance du rameur est variable. Don Juan a tort de dire que l'effort du rameur se partage également entre le tolet et la barque ; ce ne sont pas les mêmes muscles qui agissent. On néglige aussi la flexion de l'extrémité de la rame dans les mouvements violents.

On a fait depuis Barthez beaucoup de calculs sur les rames et sur les ailes. Il y a toujours dans les prémisses la même hypothèse répréhensible d'un centre de poussée unique, ce qui est admissible pour une pale rigide, mais non pour pale souple. Mes photographies de pales souples aériennes tournantes, montrent bien nettement l'existence simultanée de centres de poussée distincts. On observe plus facilement des phénomènes de même ordre dans les déformations de la queue du Poisson. Du reste, Borelli lui-même les figure sous forme d'une ondulation à deux branches.

Borelli a bien décrit cette ondulation, mais non le mécanisme lui-même. Lorsque les deux branches se redressent, il y a un centre de rotation instantané, variable, au tour duquel se balancent les efforts des muscles externes des deux courbures. Il y a des mouvements de projection autour des sommets de l'une et de l'autre courbure ; il y a composition des forces, et finalement la résistance est dirigée vers l'avant.

On regrette parfois que l'ouvrage de Barthez n'ait aucune figure pour éclaircir les idées. Son alternance de courbures et d'efforts produit, en somme, le même effet qu'un ressort à boudin ayant son axe dans le plan sagittal ; l'extension du ressort produit une poussée en

arrière, où l'eau résiste par son inertie, et une poussée en avant où l'eau résiste bien moins, et il y a propulsion. Si elle résiste bien moins, c'est que le poisson a *gros bout avant* ; le raisonnement de Barthez serait complet, s'il y avait ajouté ce principe. On ne saurait lui en faire grief, car ce principe n'était pas admis de son temps ; Bouguer dans son Traité du navire disait... que si les poissons avaient le gros bout avant, ce n'était pas pour fendre l'eau plus facilement (1).

Cependant d'Alembert en était partisan ; il est singulier qu'un homme si bien informé que Barthez en toutes langues, ne mentionne pas une seule fois les expériences de d'Alembert, Bossut et Condorcet sur la résistance des carènes.

Barthez rappelle les mutilations des nageoires par Borelli, Gouan. Ce dernier a bien vu le rôle des nageoires abdominales et sagittales pour empêcher le roulis. Barthez n'ajoute rien d'original à ce chapitre, si ce n'est qu'une nageoire dorsale très développée peut servir à fendre l'eau plus vite, comme chez le Dauphin qui s'élève très rapidement du fond de l'eau. Barthez a attaqué là une question qui a été peu étudiée ; on trouve de grandes nageoires dorsales ailleurs que chez les Cétacés ; si l'idée de Barthez était exacte, il faudrait voir si les poissons munis de telles nageoires ont surtout des mouvements de bas en haut.

Il donne aussi une explication originale sur la dilatation de la vessie aérienne, qu'il attribue aux muscles latéraux.

La vessie aérienne mérite le nom de natatoire. Si on remarque que la vessie aérienne est allongée, parfois étranglée vers son milieu, on peut admettre qu'il y a contraction ou dilatation partielle de l'AV ou de l'Æ, indépendamment l'une de l'autre, ce qui porte le centre de gravité plus ou moins en avant ou en arrière, et par conséquent facilite l'équilibre. On peut dire que le centre de gravité va à la rencontre du centre de poussée des forces qui agissent sur le corps.

La vessie natatoire n'est pas un facteur constant chez les Poissons ; son rôle n'est pas complètement élucidé. Sa position habituelle au-dessous du centre de gravité contribue à rendre l'équilibre plus ou moins instable (2). L'idée de Barthez est ingénieuse : cette promenade longitudinale du centre de gravité a été maintes fois proposée dans les aéronefs ou dans les sous-marins, mais sous forme d'un poids mobile. Le déplacement d'une masse gazeuse serait plus facile, plus rapide, et donnerait un couple redresseur d'une plus grande sensibilité et instantanéité qu'une masse solide.

---

(1) *Traité du navire*, par Bouguer, 1746, page 383.

(2) Sur la stabilisation des fuselages piscoïdes, par Amans, in *Bull. Acad. Sc. et Lettres, Montp.*, p. 53, 1912.

Sur l'équilibre des Poissons, *ibid.*, p. 226, 1917.

Vol des Oiseaux

Comme Fabrice d'Aquapendente, Barthez reconnaît que l'humérus se porte en avant, grâce au petit pectoral, mais l'aile, une fois étendue, frappe vers l'arrière. Dans la phase remontante, l'aile fléchit, pour avoir moins de résistance aérienne. Ce phénomène de flexion est moins sensible dans les battements précipités, très violents.

Il n'y a qu'une part de vérité dans ces assertions. Les photographies de Marey montrent que *dans l'abaissée, l'aile se porte de haut en bas et en avant*, et que dans la remontée, il y a toujours flexion. L'abaissée vers le bas et en avant, avec rotation longitudinale du bras osseux chez les oiseaux, de la nervure principale chez les insectes, sont des phénomènes faciles à déduire de l'anatomie, sans même recourir à la photographie. Il n'y a pas dans l'abaissée de choc vers l'arrière de l'aile entièrement étendue ; tout au plus peut-on observer parfois dans le planement un petit coup de fouet digital vers l'arrière. Léonard de Vinci a commis la même erreur de faire battre l'aile tout entière vers l'arrière, et je reconnais que cette erreur est plus facile à commettre avec l'anatomie des Oiseaux qu'avec celle des Insectes, des Libellules par exemple.

On a toujours parlé de rames et de réaction du fluide élastique. Ces expressions sont vicieuses, et on doit rejeter les théories mathématiques qui s'en servent. La résistance de l'air qui est nécessaire pour le vol, dépend fort peu de sa réaction élastique, après qu'il a été condensé par les battements de l'aile. Les causes principales sont analogues à celles de l'eau qui est incompressible. Les battements ne peuvent produire qu'une augmentation bien faible de densité, et, par suite, de réaction élastique. Ces causes sont l'inertie de la masse du fluide qui doit être ébranlé.

L'air est-il vraiment comprimé dans le battement ? On ne saurait même aujourd'hui en donner une preuve directe. J'ai écrit jadis, en 1883 (1) : « L'air est saisi par l'extrémité de l'aile, qui se tord sur la masse fluide, la refoule vers le creux axillaire, *où elle se tasse*, et donne une poussée vers le haut et en avant ». J'ai montré plus tard (2) cette poussée ; je l'ai mesurée, mais sans pouvoir prouver que la densité avait changé, car, en somme, cette mesure s'applique à un produit m v, où la densité est masquée.

---

(1) Essais sur le vol des Insectes, in *Revue des Sc. natur. de Dubreuil*, Montpellier.

(2) Perfectionnements des Hélices aériennes, in *Volume du Congrès de l Ass. Fr. Avanc. sc.* Marseille 1891.

Des théoriciens plus modernes ont critiqué avec raison l'application des formules de l'hydrodynamique à celles de l'aéronautique, parce que l'air est éminemment compressible, et l'eau ne l'est pas (1). Cette qualité spéciale de l'air doit jouer son rôle dans le battement, surtout dans le vol sur place, mais on peut bien dire que dans les conditions spéciales du planement et des pales tournantes, c'est l'inertie du fluide qui joue le principal rôle, ainsi que le pensait Barthez.

Parent (2) a critiqué avec raison la théorie du coin de Borelli. On fait, du reste, jouer un rôle trop important à la flexibilité des pennes, et à leur réaction élastique à la fin de l'abaissement. Cette réaction doit ajouter bien peu à la projection en avant et en haut, pas plus qu'une rame fortement fléchie dans l'eau n'ajoute à l'impulsion en avant du bateau.

C'est exact. La flexibilité des pennes joue un rôle très important, mais à d'autres points de vue. C'est d'abord un régulateur d'énergie interne (musculaire) ou externe (atmosphérique), et ainsi que je l'ai indiqué récemment un moyen d'obtenir le rendement maximum (3). Mes expériences actuelles montrent, en outre, leur utilité pour les variations automatiques de pas et d'envergure dans les hélices propulsives souples.

Il y a dans les virages analogie avec les mouvements du nageur qui, lorsqu'il veut tourner à droite ramasse l'eau de la main droite... on observe que lorsque ce mouvement plus fort de l'une des ailes détermine un changement de direction de l'oiseau, et fait tourner l'oiseau du côté de cette aile, la queue se porte du même côté et se meut d'une manière semblable... Dès que le corps de l'oiseau commence à être ainsi tourné, la détente des plumes de la queue, qui sont plus au moins élastiques, peut rendre cette conversion plus rapide.

Il suit de là que si on porte la queue du côté opposé, on empêche le virage. Cette manœuvre figure dans le brevet des frères Wright pour rétablir l'équilibre transversal : si, par exemple, l'aile droite penche, on la gauchit, ce qui rétablit l'équilibre, mais en même temps ferait

---

(1) Le Dr Nimführ, élève de Mach, dans sa théorie des *Pulsirende Tragflæcher* (Surfaces pulsatiles de sustentation) applique le théorème de Poisson au calcul de la résistance. Le théorème suppose compression, et tient compte des coefficients de chaleur spécifique à pression constante et volume constant (voir Gründlagen des Segelflüges, Berlin, 1919).

(2) Parent (*Essais et Recherches de mathématiques*).

(3) Poussées et Puissances de pales tournantes inégalement tordues (*C. R. Ac. Sc.* 1er Nov. 1919).

converger l'aéro vers la droite, si on ne portait en même temps vers la gauche le gouvernail vertical ou vireur. Cette double manœuvre rétablit l'équilibre transversal, et assure, en même temps, la stabilité de route. J'ai aussitôt montré qu'on pouvait échapper à ce brevet, en se servant soit d'une aile bâtarde (1), soit d'une aile triplane.

La queue permet des virages plus rapides que les ailes ; pour des virages très serrés, il faut une queue fortement échancrée, et terminée latéralement par des plumes très allongées. Contrairement à l'opinion de Borelli, il peut y avoir virage par flexion du croupion à droite ou à gauche, et mettant les plumes dans un plan oblique..

La queue est un excellent organe antirouleur, en se portant du côté de l'aile plus faible. A l'essor, les plumes sont élargies et il y a un petit balancement.

La queue empêche les culbutes ; fortement élargie et concave inférieurement, elle sert à la suspension (sustentation). Si les ailes et la queue sont épandues et voûtées en dessous, le vent retenu et réfléchi sous ces voûtes les pousse et les élève en même temps. Si toutes ces voiles déployées à la fois et portées par l'air, ne soutiennent pareillement l'avant et l'arrière du corps, l'une ou l'autre de ces parties descend ou s'abaisse relativement, autour du centre de gravité de l'oiseau.

Toutes ces observations sont fort justes. Le rôle de la concavité a longtemps été méconnu, le Professeur Marey s'en tenant à la conception de Borelli, c'est-à-dire bras antérieur rigide, suivi d'un plan élastique. J'ai contribué à ruiner cette conception avec mes théorèmes des Dièdres (2), et toute une série de recherches expérimentales.

Il est exact aussi que la queue est un organe à la fois anti-rouleur et anti-capoteur. Dans la position oblique, dont parle Barthez, je montre, avec les balances (3), qu'on a une composante verticale, laquelle peut donner un couple de rotation. Avec les gouvernails habituels de l'aéroplane, frappés par un vent de travers horizontal, on n'aurait pas ce couple.

Un vent debout peut être plus avantageux qu'en vent arrière ; dans l'intervalle des battements, il peut faire louvoyer en disposant convenablement les ailes.

---

(1) Voir étude de l'aile bâtarde, in *Bull. Ac. Sc. et Lettres de Montpellier*, n° 1, 1910.

Pour l'aile triplane, voir études expérimentales sur les zooptères, in *Mém. Ac. Sc. et Lettres*, Montp. 1909.

(2) Comparaisons des organes du vol (*Annales des Sc. nat.*, 1885).

(3) Sur une queue de Corbeau, in *Bull. Ac.*, Montp. 1914.

Le Milan se donne d'abord une grande vitesse initiale, puis il donne des *trépidations* à ses ailes, pour compenser la perte de vitesse. Dans les orbes décrites, l'aile qui se relève présente moins de surface, et ses rémiges sont séparées.

C'est exact, mais ces explications de virage sont insuffisantes, si on ne fait intervenir les variations d'incidence et la force centrifuge. J'ai écrit : l'aile qui s'abaisse fait de la torsion positive, tend à augmenter l'incidence et, par suite, fait tourner de son côté.

La lecture de Barthez est difficile pour celui qui n'a pas étudié le mécanisme des articulations et les muscles ; il semble qu'il écrive plutôt pour lui, ou un petit nombre de lecteurs qui auraient fait des études analogues. Beaucoup de ses propositions sont simplement énoncées sans en donner la preuve anatomique.

Barthez ne dit pas pourquoi les Milans décrivent des orbes au lieu d'aller en ligne droite. Pourquoi aussi vont-ils parfois en ligne droite? Même aujourd'hui on répond plus ou moins mal à ces questions. Cependant Barthez emprunte aux Arabes le *Davmanon*, ce que j'appellerais la *trépidation distale*; j'ai étudié sur mes balances ce phénomène de vibrations automatiques, de grande fréquence et faible amplitude, et ces vibrations peuvent jouer un rôle important dans le vol à voile, alors même qu'à l'œil on ne voit pas les ailes battre (1).

Pour l'équilibre du vol, il faut que les centres de poussée des ailes et de la queue coïncident avec le centre de gravité de l'oiseau, sinon il y a des zigzags. L'effort automatique de concentration des divers centres est favorisé par la position de l'épaule plus ou moins en avant du centre de gravité, suivant que l'avant ou l'arrière a plus ou moins de poids. Il faut, en outre, une bonne surface relative pour obtenir la stabilité de route.

Cette surface est trop faible chez les Poules, Paons, Cailles, d'où leur vol oblique. C'est encore pire dans les Pigeons tournants, et dans les culbutants. Même cause pour le vol sinueux des Bécasses et Bécassines. Les Chauves-Souris ont l'épaule trop haute et la queue imparfaite ; il en est de même chez les Papillons, bien qu'on puisse invoquer une aile trop plate.

Marey me citait les Papillons pour prouver sa théorie de l'aile plate, et je lui faisais observer que ces papillons volaient tout de travers, justement parce qu'ils avaient l'aile plate. Barthez y ajoute un autre motif, celui d'une articulation trop haute par rapport au centre de gravité; j'ignore si c'est exact. Ces considérations ne s'appliquent pas aux Sphyngides, qui volent très bien.

(1) Sur quelques formes et mouvements des remiges (vibrations de haute fréquence), in *Bull. Ac. Montp.*, p. 146, 1914.

La pratique des aéroplanes montre l'importance des positions respectives des centres de poussée et du centre de gravité ; ceux qui ont les centres confondus sont très maniables, ont le vol souple, mais ils demandent une main experte ; ceux qui ont le centre de gravité assez bas, récupèrent naturellement l'équilibre, mais s'il est trop bas, ils papillonnent.

Les amputations des Haltères chez les Mouches par Derhan montrent la chute si on ampute d'un seul côté, un vol de travers si on ampute des deux côtés. Ce sont des Balanciers (1).

Borelli et les autres n'ont pas vu le rôle important des déplacements du centre de gravité par le cou, les jambes, les ailes et la dilatation variable des poumons.

On a tort de croire que l'air contenu dans les cavités osseuses a pour but de diminuer le poids spécifique ; cette influence est presque nulle. Si l'effort d'expiration est modéré, l'air du poumon est en partie chassé dans les autres vaisseaux aériens et surtout dans les grandes vessies aériennes thoraciques et abdominales ; si l'effort est violent, les vessies sont comprimées, et l'air est chassé dans les vaisseaux aériens des os, surtout si l'animal resserre la glotte. L'Alouette a une voix d'autant plus forte qu'elle s'élève plus haut ; c'est que l'air étant plus léger demande une compression plus forte pour produire les mêmes effets mécaniques, et la résonance est augmentée.

Les crochets des côtes modèrent l'amplitude de la dilatation aérienne (2). Les oiseaux ont deux glottes qui permettent de graduer l'expiration et en outre les valvules du nez. L'air qui a franchi les glottes peut alors pénétrer dans les os du crâne et de la mâchoire inférieure.

Une vitesse trop grande de battement est désavantageuse.

Cette remarque est importante ; Barthez soupçonne qu'il y a une vitesse critique de bon rendement. On peut le comprendre aujourd'hui par analogie, avec les équations de similitude des pales tournantes propulsives où le rendement est en raison inverse de la vitesse de rotation (3).

---

(1) Jousset de Bellesme a fait de nombreuses expériences à ce sujet ; je discute son interprétation in *Bull. Ac. Montp.*, N° 7-12, 1915 (*Sur le vol des Cigales*). Il y aurait, à mon sens, un double effet : aréodynamique et gyroscopique.

(2) Ces crochets servent surtout de points d'attache aux muscles abdominaux.

(3) La vitesse périphérique moyenne d'un aile animale est de l'ordre de 2 à 6 m. seulement à la seconde. C'est une condition de bon rendement. Il en est de même pour les hélices aériennes, où le rendement est d'autant plus mauvais, qu'elles tournent plus vite. J'ai traité cette question in *Conquête de l'Air* (1er mai 1921) dans un article intitulé : *Sur la force ascentionnelle des Hélicoptères*.

On augmente la résistance de la proue et celle des ailes en gonflant les vessies aériennes thoraciques et alaires. L'oiseau, remarque Fabrice, retient son haleine à l'essor : c'est que la rigidité produite par les insufflations détermine un emploi plus avantageux des forces de contraction musculaire.

La sustentation ne dépend pas seulement des forces musculaires et du rapport de la surface au poids ; elle dépend aussi de la réaction qu'exerce sur leur masse l'air refoulé dans les os. En refoulant relativement plus d'air dans les ailes que dans le reste du corps, la résistance à l'avancement est moindre et l'effort des ailes est plus grand ; ce cas est celui du vol en air rare. On fait l'inverse avec vent debout. Cette graduation volontaire permet aux muscles de travailler avec le moins de fatigue.

Tout ce passage est vraiment original et nous pourrions dire d'actualité. Barthez soupçonne que la respiration des oiseaux s'effectue aussi bien à l'expiration qu'à l'inspiration (1) ; le rôle aérodynamique des sacs a été négligé par tous les auteurs modernes, je les avais moi-même exclus de la liste des facteurs constants du vol, sous prétexte que les Cheiroptères n'en ont pas, mais les insectes en ont, et le gonflement préalable des nervures rappelle celui des pneu. Barthez réclame une tension extra des ailes pour les vols aux hauts plafonds, mais non pour la proue qui s'avance plus aisément dans un air moins dense. N'y-a-t-il pas là une certaine analogie avec l'emploi du turbo-compresseur Râteau pour maintenir intacts le couple moteur dans l'air raréfié, et obtenir une plus grande vitesse de translation.

La manœuvre suggérée par Barthez ne figure dans aucun travail sur le vol ; elle ajoute deux paramètres de plus au problème de l'aviation : les variations volontaires du maître-couple, et celles du coefficient d'élasticité de la charpente alaire. Elles pourraient être le point de départ de recherches nouvelles.

L'ouvrage de Barthez sur la Mécanique de la locomotion animale est le fruit de longues années d'observations et de dissections ; c'est l'œuvre d'un penseur, d'un savant de haute culture, et d'une culture variée. On est étonné de l'abondance des citations grecques, latines, anglaises, allemandes, italiennes, espagnoles, arabes. Les belles lettres, dit-il, ont leur utilité. Il y a un grand nombre de faits relatifs à l'histoire naturelle de l'homme et des animaux, qui n'ont pas été observés par les naturalistes, et qu'on trouve indiqués par les grands poètes, ou dans la langue de certains peuples. Les Arabes, par exemple, à l'imagination ardente, ne voyant qu'un petit nombre d'objets,

---

(1) Recherches sur les poumons des oiseaux, par Juillet (Travail fait au laboratoire de M. Vialeton, publié dans *Archives de Zoologie experimentale*). Voir aussi mes commentaires sur ce sujet, in *Bull. Ac. Montp.*, page 136, 1912.

les retournent dans tous les sens (1). Leur langue est riche en expressions, qui désignent beaucoup de mouvements ignorés ou peu connus des autres peuples.

Ayant analysé et commenté jadis (2) les manuscrits de Léonard de Vinci sur le vol, il me paraît intéressant de comparer les deux hommes. Barthez ignorait ces manuscrits, restés secrets plus de trois siècles. Il n'a jamais, comme Léonard, fait allusion à la possibilité du vol humain ; on ne saurait voir en lui un précurseur de l'aviation, bien que l'aviation soit redevable de grands progrès à l'étude des animaux. Barthez ne sort pas du chantier de mécanique animale, tandis que Léonard a l'esprit constamment tendu vers la construction d'une machine artificielle.

La Mécanique animale est pour Barthez matière de chaire magistrale à l'Ecole de Médecine ; la nature est pour Léonard une école préparatoire aux Arts et Métiers ; il construit un lion artificiel, et s'efforce de réaliser l'homme volant dans son atelier, qui est en même temps un laboratoire où il mesure l'énergie musculaire.

On observe chez les deux hommes un souci constant de la précision anatomique, une observation sagace des différents modes et manœuvres de locomotion. Barthez a un grand bon sens mécanique, qui lui sert parfois à critiquer telle ou telle théorie mathématique ; il aime les poètes, mais lui-même n'est pas rêveur. Léonard a rêvé l'homme volant, et essayé de réaliser ce rêve ; s'il revenait parmi nous, il serait enthousiasmé de voir triompher sa fille, l'Hélice aérienne, mais de préférence, il prendrait part aux concours d'avions sans moteur, en attendant de réaliser un type différent de l'Ornithoptère primitif, mais tout de même pulsatile et, qui sait, perfectionné peut-être avec l'idée qui est en germe dans Barthez, celle d'un maître-couple et d'un module d'élasticité variables l'un et l'autre au gré du pilote.

Docteur AMANS.

---

(1) Les Arabes étaient passés maîtres dans l'art de façonner les flèches, et d'assurer leur stabilité de route par un empennage approprié. Le *Mirrichon* avait 4 ailerons et portait très loin ; le *Laamon* avait des ailerons en tandem, alternativement dorsaux et ventraux (le Professeur Houssay aurait prôné une telle disposition) ; l'*Amoujon* était une flèche très longue, très flexible, se tordant et ondulant dans son vol. (Ces inflexions sont du même ordre que celles observées par Froude, sur ses planches minces).

(2) Dans le *Nouveau Montpellier Médical* et dans la *Revue Scientifique* (1893), *Sur la Physiologie du Vol* de Léonard de Vinci, par Dr Amans.

